

BEST AVAILABLE COPY

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

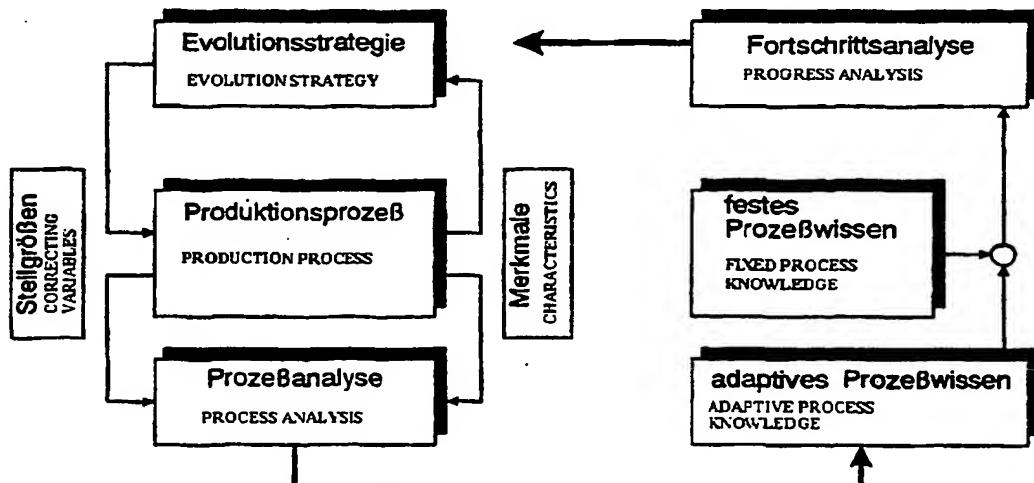


(51) Internationale Patentklassifikation ⁵ : G05B 13/02, C02F 3/00	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 94/19729
		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 1. September 1994 (01.09.94)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP94/00360	(81) Bestimmungsstaaten: CA, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 8. Februar 1994 (08.02.94)	
(30) Prioritätsdaten: P 43 04 676.2 16. Februar 1993 (16.02.93) DE	Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>
(71) Anmelder (<i>für alle Bestimmungsstaaten ausser US</i>): OPTUM UMWELTTECHNIK GMBH [DE/DE]; Bernsdorfer Strasse 210-212, D-09126 Chemnitz (DE).	
(72) Erfinder; und	
(75) Erfinder/Anmelder (<i>nur für US</i>): HAUPT, Martin [DE/DE]; Bernsdorfer Strasse 210-212, D-09126 Chemnitz (DE). ILGE, Hans-Dieter [DE/DE]; Waldenburger Strasse 46, D-08393 Meerane (DE). THEMANN, Dieter [DE/DE]; Mefferdatisstrasse 22, D-52062 Aachen (DE).	
(74) Anwälte: FLACH, Dieter usw.; Prinzregentenstrasse 24, D-83022 Rosenheim (DE).	

(54) Title: PROCESS FOR OPERATING A SEWAGE WATER CLARIFICATION PLANT AND SEWAGE WATER CLARIFICATION PLANT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER ABWASSERREINIGUNGSANLAGE SOWIE ZUGEHÖRIGE ABWASSERREINIGUNGSANLAGE



(57) Abstract

In order to obtain better results, an improved process for operating a sewage water clarification plant and the plant itself are based on an evolution strategy process and/or a fuzzy regulation. Preferably, both processes are integrated when implemented.

(57) Zusammenfassung

Ein verbessertes Verfahren zum Betrieb einer Abwasserreinigungsanlage sowie die Anlage selbst sind so konzipiert, daß sie zur Erzielung verbesserter Ergebnisse auf einem Evolutionsstrategie-Verfahren und/oder einer Fuzzy-Regelung basiert. Bevorzugt werden beide Verfahren entsprechend integriert angewandt.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gaboo	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LJ	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

5 **Verfahren zum Betrieb einer Abwasserreinigungsanlage sowie
zugehörige Abwasserreinigungsanlage**

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Abwasserreinigungsanlage sowie eine Abwasserreinigungsanlage selbst.

15

Die Aufbereitung von Abwasser einschließlich Klärschlamm-anlagen stellt grundsätzlich ein großes Problem dar.

20

Als problematisch erweist sich der industrielle Prozeß der Abwasserreinigung, insbesondere der biologischen Abwasserreinigung unter anderem deshalb, weil ein deutlicher Mangel an sachbezogenen Hilfsmitteln, Meßgeräten etc. besteht. Zudem sind beispielsweise die biochemischen Entwicklungen innerhalb einer Belebtschlamm-Kläranlage nur wenig erforscht und kaum verstanden. Dies trifft beispielsweise für die Blähenschlammbildung zu. Schließlich sind die bekannten Prozeßzusammenhänge hoch komplex und nicht-linear. Zudem wirken in die Prozeßzusammenhänge eine Vielzahl zeitvarianter, systemmspezifischer und Anlagenpa-

rameter mit ein.

Schließlich ist sogar die regelungstechnische Zielsetzung für ein entsprechendes Modell zum Betrieb einer Abwasserreinigungsanlage insbesondere einer biologischen Abwasserreinigungsanlage schwer formulierbar, wobei darüber hinaus zu berücksichtigen ist, daß ein Modell immer anlagenspezifisch sein wird und überaus schwierig zu erstellen ist.

Allerdings sind bisher alle konventionellen Ansätze zur Automatisierung eines entsprechenden Prozesses zur Abwasserregelung, zumindest in einem generalisierenden und allgemeinen Sinne wenn nicht gescheitert, so doch zumindest nur sehr unzufrieden gelöst worden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es von daher, ein Verfahren sowie eine Anlage zum Betrieb einer Abwasserreinigung zu schaffen, die auch einen automatisierten Betrieb ermöglicht und zudem eine Optimierung beinhaltet, um die Aufbereitung des Abwassers im Sinne einer Zeitoptimierung, d.h. Zeitminimierung, zu ermöglichen.

Die Aufgabe wird bezüglich des Verfahrens gemäß den im Anspruch 1 bzw. 4 und bezüglich der Abwasserreinigungsanlage gemäß den im Anspruch 5 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Durch die vorliegende Erfindung wird ein völlig neuartiger Weg beschritten.

Erfindungsgemäß erfolgt nämlich die Verfahrenssteuerung in Abhängigkeit einer Zielvorgabe nach der Methode der Evolutionsstrategie.

Bei der Methode der Evolutionsstrategie wird mittels der

Grundprinzipien "Mutation" und "Selektion" eine zumindest teilweise und/oder tendentiell zufällige Änderung der Steuerungsparameter, d.h. der Stellgrößen, durchgeführt, um nach der Überprüfung der sich verändernden Qualitäts- und Gütevorgaben anhand der nachfolgend vorgenommenen "Selektion" festzustellen, ob aufgrund der Mutation eine Veränderung hin zur gewünschten Optimierung und Qualitätssteigerung entsprechend den Vorgaben feststellbar ist. Bei festgestellter Verbesserung kann ein derart durch eine "Mutation" entstandener verbesserter Parametersatz als Ausgangspunkt für eine weitere Verbesserung der Maschineneinstellung ausgewählt werden. Die Mutation verändert also die Maschineneinstellung über einen Zufallsprozeß bzw. im wesentlichen über einen Zufallsprozeß, wobei im Rahmen der Selektion die verbesserten Maschineneinstellungen als Ausgangspunkt für einen nächsten Mutationsschritt ausgewählt werden.

Die Evolutionsstrategie als solche zur Optimierung technischer Systeme ist zwar grundsätzlich bekannt. Insoweit wird nur beispielhaft auf die Veröffentlichung von Rechenberg, I. "Evolutionsstrategie, Optimierung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution, Frommann-Holzboog, Stuttgart, 1973" und Schwefel, H.P. "Numerische Optimierung von Computer Modellen, Basel, Stuttgart, Birkhäuser, 1977" verwiesen.

Aus der DE 32 18 421 A1 ist zudem ein adaptiver Regler beschrieben, der zur Optimierung vielparametrischer, stochastisch gestörter Systeme auf der Basis eines Suchalgorithmus arbeitet, welcher die die biologische Methode der Mutation und Selektion nachahmende Entwicklungsstrategie anwendet. Das in dieser Druckschrift beschriebene Verfahren soll sich insbesondere zur Flugkörperstabilisierung und der Fluglagenregelung von Luft- und Raumflugkörpern eignen.

Bei all den grundsätzlich bekannten Verfahren zur Anwendung der Evolutionsstrategie st allerdings bisher niemals daran gedacht worden, das Evolutionsstrategie-Verfahren auch zur Optimierung von Abwassersystemen, also zur Abwasseraufbereitung zu benutzen, um hier beispielsweise eine on-line Rückkopplung der Qualitätsmerkmale auf die Stellgrößen durchzuführen.

Erfnungsgemäß wird aber nicht lediglich die Umsetzung einer Evolutionsstrategie für einen Abwasserableitungs- und -reinigungsprozeß an sich vorgeschlagen. Denn hier könnten die gewünschten Konvergenz- und Umsetzungsschwindigkeiten zu gering sein. Erfnungsgemäß wird ein Evolutionsstrategieverfahren unter Berücksichtigung eines Optimiersystems vorgeschlagen, um tatsächlich zu einem optimierten, d.h. in kürzester Zeiteinheit optimalen Ergebnis zu gelangen.

Diese Optimierung kann unter anderem deshalb ermöglicht werden, weil folgendes möglich bzw. zu berücksichtigen ist:

- ein dynamisches Optimieren (ist die optimale Einstellung einmal ermittelt, kann die Optimierung mit kleinen Schrittweiten weitergeführt werden; bei Störungsprozessen ist das System dann in der Lage, einem zeitlich wandernden Optimalbetriebspunkt zu folgen);
- Erfassung der Qualitätsmerkmale (die wichtigsten Qualitätsmerkmale bei der Abwasserbehandlung sind meßtechnisch eindeutig zu ermitteln; zusätzlich verfügt in der Regel das Anlagenpersonal durch seinen Erfahrungsschatz über die Fähigkeit, die Wasser- und Schlammqualität in Abhängigkeit vom Betriebszustand subjektiv zu beurteilen; die subjektive Beurteilung ist gleichzusetzen mit einer objektiven Erfassung, die mit Störgrößen überla-

gert ist; da die Evolutionsstrategie störgrößenunabhängig eingestellt werden kann, sind subjektiv erfaßte Qualitätsmerkmale brauchbare Eingangsgrößen);

- 5 - Prozeßwissen (eine optimierte Strategie berücksichtigt auch ein Prozeßvörwissen in Form einer gegebenen Abhängigkeit einer Ausgangsgröße von einer Stellgröße wiedergegebenen Übertragungsfunktion und/oder in Form eines automatisch adaptiven Prozeßwissens über die Übertragungsfunktion).
10

Erfindungsgemäß wird zur Optimierung ein Prozeßverfahren nach der sogenannten "erweiterten Evolution" vorgeschlagen. Diese "erweiterte Evolution" kann eine
15 - Erwartungswertverschiebung,
- eine statistische Adaption, und/oder
- eine Steuerung der Schrittweite berücksichtigen.

20 Darüber hinaus kann in einer alternativen wie bevorzugten Ausführungsform der Erfindung der Prozeß unter Berücksichtigung einer Regelungsstrategie verbessert werden.

25 Eine derartige Regelungsstrategie besteht insbesondere auf Basis der Fuzzy-Regelung.

Die industrielle Anwendung der Fuzzy-Steuerung erfolgt in erster Linie dort, wo eine Unschärfe (im Sinne von Vergrößerungen) bei der Beschreibung und Bewertung von Prozeßzusammenhängen zulässig sowie nicht-lineares Regelverhalten durchaus erwünscht ist. Dies kann seine Ursache in systeminhärenten Unsicherheiten genauso wie in einer zu hohen Komplexität des Prozesses haben.
30

35 Ausschlaggebende Gründe für den Einsatz können sein:

- schwer oder überhaupt nicht erfaßbare Stör- oder Prozeßgrößen,
 - erhebliche Nicht-Linearitäten in den Prozeßzusammenhängen,
- 5 - zeitvariante Prozeßzusammenhänge, und/oder
- nicht vorhandene oder zu komplexe Prozeßvorgänge.

Es muß als überaus überraschend bezeichnet werden, daß der industrielle Prozeß der biologischen Abwasserreinigung im besonderen wie der Abwasserreinigung im allgemeinen unter Anwendung der Fuzzy-Logik nicht nur als solches betrieben, sondern gegenüber herkömmlichen Lösungen deutlich optimiert werden kann. Dabei kann die Fuzzy-Steuerung als Regelungsstrategie zur Optimierung der erweiterten Evolution dienen. Die Fuzzy-Steuerung kommt dabei insbesondere am Anfang des Regelungsprozesses wie beim Auftreten einer Störung zum Tragen.

Ganz allgemein kann festgehalten werden, daß derartige dynamische Regelungen wie die Fuzzy-Steuerung im Gegensatz zur quasistatischen Optimierung wesentlich schneller einer Führungsgröße folgen oder eine Störung kompensieren können, vorausgesetzt daß eine Regelung überhaupt einsetzbar ist. Beim Einsatz dabei muß bedacht werden, daß zum Einsatz einer Regelung umfangreiche Kenntnisse über das Prozessübertragungsverhalten vorhanden und die Aufgabenstellung vergleichsweise niederdimensional beschreibbar sein muß.

30 In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist schließlich auch noch eine Vorwärtskopplung vorgesehen.

Es handelt sich dabei um eine Erfassung von zukünftigen Betriebszuständen. Soll beispielsweise in einer Stunde in einem Belebtschlammbecken ein bestimmter Schadstoff in einer bestimmten Qualität auftreten, kann bereits in einem

zeitlichen Vorlauf die Anlage auf diesen Zustand vorbereitet werden, daß sie sich nach Ablauf der entsprechenden Vorlaufzeit in dem gewünschten Zustand befindet (beispielsweise wird entsprechend der Vorlaufzeit begonnen 5 einen entsprechenden Bakterienstamm wachsen zu lassen, damit er nach Ablauf der Vorlaufzeit nach Auftreten der Störgröße in entsprechender Quantität vorliegt).

Bei Weiterbildung der Erfindung ist schließlich auch noch 10 eine Meßgrößenvorhersage vorgesehen.

Mit einer derartigen Meßgrößenvorhersage ist es möglich

- bereits vorab Meßdaten zu antizipieren, bevor sich diese 15 Daten tatsächlich erst auf der Anlage einstellen, und/ oder
- bestimmte beispielsweise nur unter Einsatz sehr teurer Meßgeräte erfaßbare Meßgrößen nicht direkt zu erfassen, sondern stellvertretend dafür andere Meßgrößen 20 zu ermitteln, aus denen die betreffenden sonst nur unter Einsatz teurer Meßgeräte erfaßbaren Meßgrößen herleitbar sind, zumindest von ihrer Größenordnung her.

25 Weitere Vorteile, Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich nachfolgend aus den anhand von Figuren und Grafiken dargestellten Ausführungsbeispielen. Dabei zeigen im einzelnen:

30 Figur 1 : ein Diagramm zum Vergleich der Konvergenzgeschwindigkeiten verschiedener Optimierstrategien bei einem Minimierungsproblem im Zusammenhang mit einem Verfahren zum Betrieb einer Abwasserreinigungsanlage;

35 Figur 2 : eine graphische Darstellung zur Optimie-

rung der erweiterten Evolution bei einem erfindungsgemäßen Verfahren;

- 5 **Figur 3 :** ein Diagramm zur Darstellung einer Struktur eines verbesserten Optimiersystems für das erfindungsgemäße Verfahren;
- 10 **Figur 4a :** ein weiteres Ausführungsbeispiel eines optimierten Verfahrens mit einer sog. Vorwärtskopplung;
- 15 **Figur 4b :** ein zu Figur 4a abgewandeltes Verfahren ebenfalls mit einer Vorwärtskopplung;
- 20 **Figur 5 :** eine Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels mit einem optimierten Verfahren der erweiterten Evolutionsstrategie unter Berücksichtigung einer Meßgrößenvorhersage;
- 25 **Figur 6 :** eine schematische Darstellung eines Streckmodells für eine Belebtschlamm-Kläranlage;
- 30 **Figur 7 :** eine schematische Abbildung einer Belebtschlamm-Kläranlage in regelungstechnischer Hinsicht;
- 35 **Figur 8 :** eine vereinfachte Struktur einer biologischen Belebungsstufe im Zusammenhang mit ausgewählten Prozeßzusammenhängen;
- Figur 9 :** eine Darstellung zur Verdeutlichung der Bildung einer Teilqualität sowie einer Gesamtqualität aus den Meßwerten für das erfindungsgemäße Verfahren.

Auf die allgemeinen grundsätzlich bekannten Verfahren der Evolutionstheorie wird auf die einschlägigen Veröffentlichungen, beispielsweise die eingangs genannten Veröffentlichungen verwiesen.

5

Anhand von Figur 1 ist eine Grafik dargestellt, in der die logarithmische Gesamtgüte bezüglich der unterschiedlichen Konvergenzgeschwindigkeiten der verschiedenen Optimierstrategien bei einem Minimierungsproblem dargestellt sind.

10

Wie daraus ersichtlich ist, weist die bekannte Evolutionsstrategie in ihrer Allgemeinheit eine vergleichsweise geringe Konvergenzgeschwindigkeit auf.

15

Günstigere Ergebnisse werden bei der sogenannten "erweiterten Evolution" gemäß Figur 1 erzielt. Bei der Erweiterung der Evolutionsstrategie wird Wissen über den Prozeß zur Veränderung des Optimiererverhaltens verwendet. Je mehr Wissen bekannt ist, umso mehr wird die Strategie verändert und die Konvergenz beschleunigt. Das Eindringen des Wissens kann auch adaptiv (sich selbst anpassend) und dynamisch (vom Systemzustand abhängend) gestaltet werden. In dieser Flexibilität ist die erweiterte Evolutionsstrategie anderen Verfahren überlegen.

25

Bei der erweiterten Evolutionsstrategie können beispielsweise die drei Methoden "Erwartungswertverschiebung", "statistische Adaption" und/oder "Steuerung der Schrittweite" berücksichtigt werden.

30

Bei der bekannten Evolutionsstrategie in ihrer Allgemeinheit ist die Mutation gleich verteilt oder zumindest um den Nullpunkt gemäß einer symmetrischen Zufallszahl erzeugt. Sind dagegen bestimmte Prozeßzusammenhänge bekannt, so kann eine unsymmetrische und eine symmetrische Zufallszahl, deren Mittelwert um einen sogenannten Erwartungswert

vom Nullpunkt abweicht, zur Mutation verwendet werden. Der "zufälligen" Evolution wird somit eine Richtung vorgegeben. Die Stärke dieser Vorgabe kann beliebig gestaltet werden und sollte von dem vermuteten Wahrheitsgehalt des Prozesses abhängen. Die Erwartungswertverschiebung kann für einzelne bekannte Prozeßzusammenhänge eingeführt werden, während sie für die unbekannten Zusammenhänge des gleichen Prozesses bei der gleichen Optimierung nicht eingeführt wird. Zusätzlich kann die Erwartungswertverschiebung vom aktuellen Punkt im Zustandsraum, d.h. der 5
10
15
20
25
30
35
Punkt, an dem sich die Optimierung gerade befindet, abhängig gemacht werden (Erwartungswertverschiebung).

Die Evolutionsstrategie ist selbstdadaptierend. Die Schrittweite beispielsweise wird über die 1/5 Regel (Rechenberg) an den Optimierverlauf automatisch angepaßt. Diese Anpassung ist relativ sicher, aber auch relativ träge. Es besteht ebenso die Möglichkeit die Adaption der Evolution über schnellere Methoden durchzuführen, z.B. über statistische Verfahren. Dabei bieten sich die statistischen Kennwerte Trend (zur Adaption der Richtung) und Weite (zur Adaption der Schrittweite) an. Ein weiterer Vorteil ist die getrennte Anpassung jeder einzelnen Stellgröße, wodurch die Konvergenzgeschwindigkeit, wie in eigenen Simulationsversuchen nachgewiesen werden konnte, je nach Problemstellung, erheblich gesteigert werden kann (statistische Adaption).

Bei der Evolutionsstrategie ist die adaptive Schrittweite ein Maß für den Abstand der Optimierung vom Optimum oder zumindest vom Maximum. Ist der Wert des Optimums bekannt, so kann der Umkehrschluß angetreten werden und der Abstand des aktuellen vom optimalen Wert die Schrittweite steuern. Diese Methode ist bei "gutmütigen" Optimierproblemen sehr effektiv (Steuerung der Schrittweite).

Schließlich wird nur der Vollständigkeit halber angemerkt, daß auch noch eine "Methodenanpassung" unter Berücksichtigung der folgenden Systemparameter möglich wäre:

- Selektionsmethode
- Methode der Rekombination
- Länge der Elternliste
- Anzahl der Eltern
- Überlebenszeit.

Figur 2 zeigt die grundsätzliche Struktur eines optimierten Abwasserableitungs- und -reinigungsprozesses auf der Basis der erweiterten Evolution. Den Optimierkreislauf bildet der Prozeß mit der Evolutionsstrategie. Die Prozeßanalyse analysiert den Optimierverlauf zur Bildung einer adaptiven Prozeßwissensbasis. Daß adaptive Prozeßwissen wird, kombiniert mit dem festen Prozeßwissen über die Fortschrittsanalyse, auf die Strategieparameter der Evolutionsstrategie zurückgekoppelt.

Zur Erhöhung der Konvergenzgeschwindigkeit kann dabei eine Reduktion der Dimensionierung der Problemstellung mit berücksichtigt werden. Voraussetzung dafür ist die Vernachlässigbarkeit einzelner Wechselwirkungen zwischen den Stellgrößen.

Wie in Figur 1 auch dargestellt ist, können grundsätzlich dynamische Regelungen im Gegensatz zur quasistatischen Optimierung wesentlich schneller einer Führungsgröße folgen oder eine Störung kompensieren, vorausgesetzt allerdings, daß eine Regelung überhaupt einsetzbar ist. Beim Einsatz einer Regelung nämlich müssen umfangreiche Kenntnisse über das Prozessübertragungsverhalten vorhanden und die Aufgabenstellung muß niederdimensional beschreibbar sein.

Diese Voraussetzungen sind meistens nur in Teilgebieten

des Zustandsraumes einer komplexen Problemstellung wie der Abwasserableitungs- und -reinigungssystem gegeben. In der Nähe des gesuchten optimalen Betriebspunktes einer derartigen Anlage gelten oft die gewählten Vereinfachungen
5 nicht mehr.

In Figur 1 ist deshalb auch eingetragen, wie ein kombiniertes Optimierungsverfahren zu verbesserten Ergebnissen führt.
10

Wie aus Figur 1 ersichtlich ist, kann eine Regelung einen gewissen Gütewert schneller erreichen, erzielt aber danach keine weitere Verbesserung. Die beste Konvergenz wird durch anfängliche Regelung mit nachgeschalteter erweiterter Evolution erreicht.
15

Diese kombinierte Vorgehensweise aus erweiterter Evolution und Regelung bildet die Basis eines optimierten Abwasserreinigungs- und -aufbereitungsprozesses. Es ist eine Kombination aus einer allgemeingültigen Strategie und 20 einer der Aufgabenstellung angepaßten Vorgehensweise.

Eine derartige Regelung besteht in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel in der Anwendung der Fuzzy-Steuerung, auf 25 die nachfolgend noch im einzelnen eingegangen wird..

Ausgehend von der Tatsache, daß verschiedene Strategien in verschiedenen Gebieten des Zustandsraumes bei einer Aufgabenstellung unterschiedlich effektiv sind, wird im Sinne 30 der vorliegenden Erfindung in Anwendung auf ein Abwasserreinigungssystem vorgeschlagen, die verschiedenen Strategien eingangsseitig parallel zu betreiben und ausgangsseitig die Stellgrößenvorschläge zu rekombinieren. Diese anhand von Figur 3 schematisch dargestellte Vorgehensweise 35 führt dann schließlich zu der optimierten Konvergenzgeschwindigkeit gemäß Figur 1.

Eine der Regelungsstrategien kann dabei zumindest zum Anfangszeitpunkt des abzulaufenden Prozesses oder beim Auftreten von Störungen die erwähnte Fuzzy-Steuerung sein, auf die nachfolgend eingegangen wird.

5

Eine zumindest in gewissen Bereichen ergänzende Regelungsstrategie II (Figur 3) kann auch in einer Vorwärtskopplung (Figur 4) und/oder der Berücksichtigung einer Meßgrößenvorhersage (Figur 5) liegen.

10

Prinzipiell unterscheidet man bei der Prozeßoptimierung Stellgrößen, Störgrößen und Meßgrößen. Stell- und Störgrößen sind Prozeßeingangsgrößen, Meßgrößen sind Prozeßausgangsgrößen. Stellgrößen können unabhängig voneinander beeinfluß werden, während Störgrößen vom Optimiersystem nicht verändert werden können.

15

In dieser Definition stellt beispielsweise der CSB-Wert des einlaufenden Abwassers eine Störgröße dar. Diese Störgröße könnte ignoriert werden und müßte vom Optimiersystem soweit möglich automatisch kompensiert werden. Dieser Vorgang ist aber sicherlich langsam. Eine bessere Lösung ist die Berücksichtigung der meßbaren Störgrößen in einer Vorwärtskopplung (Steuerung). Hier bieten sich zwei Methoden an (Figur 4a und 4b). Bei der ersten Methode (Version 1; Figur 4a) werden die Störgrößen zur Veränderung der Strategieparameter der Evolution verwendet. Bei der zweiten Methode (Version 2; Figur 4b) werden die Störgrößen als Störgrößenaufschaltung auf die Stellgrößen addiert.

20

Die beschriebene Vorwärtskopplung muß bei der Optimierung von Abwasserreinigungsprozessen zum Einsatz kommen, um rechtzeitig auf Schmutzfrachtschwankungen zu reagieren. Es sollen beide Methoden entwickelt, erprobt und die jeweiligen Vor- und Nachteile gegenübergestellt werden.

25

30

35

Im Falle der erwähnten Meßgrößenvorhersage dient der Vorhersage schwer erfaßbare oder zeitlich verzögert erfaßbare Meßgrößen durch die Korrelationsmodelle gemäß Figur 5. Existiert eine Korrelation zwischen on-line Prozeßgrößen und schwer erfaßbaren Meßgrößen, so kann die Meßgröße im vorhinein abgeschätzt werden. Prinzipiell bieten sich verschiedene Verfahren zur Aufstellung des Korrelationsmodells an. Die analytische Modellbildung, basierend auf physikalischen, chemischen und reaktionskinetischen Ansätzen, ist die sicherste Methode, wenn die entsprechenden Zusammenhänge theoretisch mit hinreichender Genauigkeit bekannt sind. Die analytische Modellbildung soll als erste Methode zum Einsatz kommen. Sind die analytischen Zusammenhänge nicht hinreichend bekannt, so können empirische Modellansätze, basierend auf der Auswertung statistischer Versuchsplanungen oder Neuronaler Netze, eingesetzt werden. Dabei sind Neuronale Netze zu bevorzugen, da eine höhere Genauigkeit erzielt werden kann, zur Modellbildung keine definierten Betriebspunkte angefahren werden müssen und das Modell kontinuierlich abgeglichen werden kann.

Wie bereits an Figur 3 erläutert wurde, wird eine optimierte Regelung auf Basis der erweiterten Evolution plus einer parallelen Regelungsstrategie I bzw. II erzielt. Nachfolgend wird als Regelungsstrategie beispielsweise für den Prozeßstart oder bei Auftreten von Störgrößen ein Fuzzy-Regler verwandt, der bereits auch ohne Anwendung des Evolutionsstrategie-Verfahrens zu interessanten und deutlichen Verbesserungen führt.

Bezüglich des Prozeßmodells insbesondere für das Beispiel einer Trübungsregelung einer Abwasserklär-Aufbereitsanlage wird auf Figur 6 bezug genommen. Die Abbildung gemäß Figur 6 zeigt ein Streckenmodell der Belebtschlamm-Kläranlage, bei welchem sich das Prozeßmodell aus zwölf nicht-linearen, gekoppelten Differentialgleichungen 1. Ordnung mit

nahezu fünfzig systemspezifischen Parameter, von denen zusätzlich zehn zustandsabhängig sind zusammensetzt.

Das Prozeßmodell beschreibt im wesentlichen die Entwicklung der Konzentrationen
5

- bei der Beseitigung kohlenstoffhaltiger, organischer Verunreinigungen (Substratoxidation)
- bei der Umwandlung stickstoffhaltiger Verbindungen zu biologisch abbaubaren Substanzen (Nitrifikation)
- 10 - sowie der daran beteiligten Bakterien.

Anhand von Figur 7 ist in schematischer Darstellung eine Belebtschlammkläranlage aus regelungstechnischer Sicht wiedergegeben. In regelungstechnischer Hinsicht offenbart 15 diese Anlage fünf relevante Prozeßgrößen sowie drei mögliche Stellgrößen des Reglers, von denen zwei (DOSP und SWR) aufgrund des Geschwindigkeitsstellalgorithmus' rückgekoppelt werden müssen.

20 Die für die Fuzzy-Regelung benötigten Wissensbasen beinhalten Prozeßzusammenhänge zwischen den zu beeinflussenden Prozeßgrößen sowie eventuelle Zusatzbedingungen als Einsatzgrößen und der jeweiligen Stellgrößenänderung als Ausgangsgröße. D.h., daß in einem derartigen Falle der 25 momentane Prozeßzustand bewertet und daraus eine Stellgrößenänderung gemäß Produktionsregel generiert wird.

Im vorliegenden Beispiel kann die durch die Wissensbasis implementierte Heuristik lauten: "je kleiner die Trübung 30 MLSS im Belebtschlammbecken ist, desto schneller muß die Schlammabfuhr reduziert werden".

Eine rein statische Erfassung der Prozeßgrößen kann sich 35 als nicht ausreichend erweisen. Ein stationärer Zustand des Prozesses kann gegebenenfalls nur dann erreicht werden, wenn entsprechende Änderungstendenzen der Prozeßgrö-

ßen in entscheidenden Wissensbasen in einen entsprechenden Fuzzy-Regler integriert werden.

5 Dadurch kann eine deutliche Beschleunigung des Regelverhaltens erzielt werden. Eine weitere Optimierung kann dahin vorgenommen werden, daß unter Umständen bezüglich einzelner Meßgrößen auftrende zusätzliche Überschwingnei-

gungen wiederum vermieden werden.

10 Der Fuzzy-Regler kann bei vorliegen eines qualitativen Regelverhaltens und -wissens entsprechend optimiert werden. Dabei kann die Umsetzung dieses Wissens in geeignete Regelstrategien aufwendig sein, insbesondere im Hinblick der bestehenden vielfachen Mehrfachabhängigkeiten der 15 diversen Größen. Mit vergleichsweise geringem Aufwand lassen sich doch Regelstrategien erzielen, wenn auf entsprechendem Wissen basierende Heuristiken mit dem Regelalgorithmus zusammengestellt werden.

20 Nachfolgend wird ein Beispiel für die erweiterte Evolutionsstrategie am Beispiel einer biologischen Belebungsstufe dargestellt.

25 Figur 8 zeigt eine vereinfachte Darstellung einer biologischen Belebungsstufe. Das Rohwasser gelangt über den Zulauf in das Belebungsbecken (BB). In das Belebungsbecken wird über die Mammutrotoren (M1-M3) der Sauerstoff einge-tragen. Die Sauerstoffkonzentration wird über die O₂-Meßwertnehmer registriert. Im Überlaufschacht (ÜLS) wird der 30 Volumenstrom (Q) und die Tockensubstanzmenge (TS) regi-striert. Vom Überlaufschacht gelangt das Wasser aus dem Belebungsbecken in das Nachklärbecken (NKB). In diesem wird die maximale und die minimale Schlammspiegelhöhe festgelegt. Über die Rücklaufschlammmpumpe (RSP) wird der 35 Überlauf- und Rücklaufschlamm aus dem Nachklärbecken abge-zogen. Die Menge Q3 und der Trockensubstanzgehalt TS3 des

Rücklaufschlammes wird registriert und er gelangt in das Belebungsbecken.

Bei der Analyse des Prozeßübertragungsverhaltens ergeben sich im dargestellten, vereinfachten Fall folgende Meßwerte:

- Sauerstoffgehalt im Belebungsbecken an verschiedenen Stellen $O_2(X_1)$, $O_2(X_2)$
- 10 - Volumenstrom des aus dem Belebungsbecken austretenden Schlam-Wasser-Gemisches Q_2
- Trockensubstanzgehalt dieses Gemisches TS,
- Schlammspiegelhöhe im Nachklärbecken SS
- Trockensubstanzgehalt des Rücklaufschlammes TS,
- 15 - Qualität des aus dem Nachklärbecken ablaufenden Wassers CSB

Ferner sind bei der Analyse des Prozessübertragungsverhaltens folgende Steuergrößen vorhanden:

- 20
- Zulaufmenge Q_1
 - Umlaufgeschwindigkeiten der Mammutrotoren V_{1-3}
 - Menge des eingetragenen Sauerstoffes O_2M_{1-3}
 - Menge des Rücklaufschlammes Q_3

25 Die ausgewählten Prozeßzusammenhänge sind in Figur 9 dargestellt. Die Erfassung der Meßgrößen soll mit auf dem Markt befindlichen kommerziellen Meßsystemen erfolgen. Die Stellgrößen sind über die in der Regel vorhandene Prozeß-automatisierung veränderbar. Die Vorgehensweise bei der evolutionsstrategischen Optimierung soll nun stark vereinfacht anhand der Meßgrößen Sauerstoffgehalt O_2 und dem CSB2-Wert detaillierter dargestellt werden.

35 Die wichtigste Teilqualität errechnet sich aus dem CSB2-Wert. Der CSB2-Wert soll minimiert werden bzw. darf er

5 einen vorgegebenen Grenzwert nicht überschreiten. Der Sauerstoffgehalt hingegen soll einen Zielwert approximieren, wobei der Zielwert durchaus in Abhängigkeit von den übrigen Meßgrößen variieren kann. Die Transformation von Meßgrößen auf Teilqualitäten ist in Schema 12 dargestellt.

10 Die dargestellten Funktionen werden aus den Anforderungen des Betreibers des Optimiersystems an das Optimiererverhalten gebildet und beeinflussen wesentlich den Optimierverlauf. So muß die Teilqualität für den CSB2-Wert beim Erreichen seines Grenzwertes zu Null werden. Dagegen muß die Teilqualität für die Sauerstoffqualität beim Erreichen des Zielwertes maximal werden.

15 Das Wesen der Optimierung besteht nun darin, für die Gesamtqualität standig den Maximalwert zu erreichen. Aus diesem Grunde muß aus den Teilqualitäten eine Gesamtqualität gebildet werden. Im vorliegenden Fall wurde sinnvollerweise die multiplikative Verknüpfung gewählt, da die 20 Gesamtqualität dadurch beim Erreichen des CSB2-Grenzwertes zu Null wird. Bei einer additiven Verknüpfung beispielsweise könnte der CSB2-Grenzwert überschritten werden, wenn durch eine hohe O₂ Teilqualität die Gesamtqualität verbessert würde. Diese Darstellung ist beispielhaft und ungetacht der Tatsache, daß bei einer hohen Sauerstoffkonzentration immer ein niedriger CSB2-Wert zu erwarten ist.

25 Der Zusammenhang zwischen den Stellgrößen des Abwasserreinigungsprozesses und den Teilqualitäten ist komplex. Im wesentlichen wirken alle Stellgrößen auf die angegebenen Meßwerte. Ist nun der Zusammenhang zwischen einzelnen Stellgrößen und einzelnen Meßgrößen, wie in Figur 8 exemplarisch angegeben, zumindest tendenziell bekannt, so kann dieses Wissen über einen Regelzweig in die erweiterte 35 Evolutionsstrategie zur Beschleunigung der Optimierung eingebracht werden. Im Einzelfall hängt der Einfluß der

Stellgrößen von den Bemessungswerten und der Art der Anlagenausstattung eines Belebungsbeckens ab.

5 In dem angegebenen Beispiel ist die Größe CSB1 eine Meßgröße die nicht von den vorhandenen Stellgrößen verändert werden kann. Eine solche Größe könnte als Störgröße aufgefaßt werden, die durch die Optimierung kompensiert werden soll. Diese Vorgehensweise ist allerdings für die Abwasserreinigung zu träge.

10 Da der CSB1-Wert im vorhinein erfaßt wird, kann diese Größe in Form einer Störgrößenaufschaltung das Optimierverhalten wesentlich beschleunigen. Dies geschieht durch die Vorwärtskopplung, wobei das Übertragungsverhalten für 15 diese Steuerung entweder durch ein reaktionstechnisches Modell oder durch eine empirische Modellbildung mit Neuronalen Netzen realisiert wird.

20 Das Optimiersystem erhält bei der on-line Optimierung eine Schnittstelle zur Ansteuerung der Stellelemente und zur Erfassung der Meßwerte über eine Meßkette (Sensor, Meßumwandler, Datenübertragung). Dem Optimiersystem werden nun die Stellgrößen mit ihren Stellbereichen, die verwendeten Meßgrößen, die Teil- und Gesamtqualitätsfunktionen 25 über Konfigurationsdateien mitgeteilt. Weiterhin werden die bekannten Prozeßzusammenhänge zur Regelung und das Modellübertragungsverhalten zur Vorwärtskopplung eingegeben. Anschließend wird die Optimierung gestartet.

30 Das Optimiersystem verändert während der Optimierung die Stellgrößen Q_1 , $V_{1,3}$, $O_2M_{1,3}$ und Q_3 automatisch so, daß die Gesamtqualität optimal wird. Im angegebenen Beispiel würde die Veränderung der Stellgrößen den O_2 -Wert unter Berücksichtigung des CSB2-Grenzwertes auf den gewünschten Zielwert automatisch einstellen.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Prozeßverfahrens lässt sich eine automatische Datenübernahme vom abwassertechnischen Prozeß in eine entsprechende elektronische Steuereinheit, kurz auch Optimiereinheit genannt, ermöglichen. Die durch 5 die elektronische Steuer- oder Optimiereinheit vorgeschlagenen Schritte zur Änderung der Prozeßführung können an einer entsprechenden Datenausgabenstelle, beispielsweise in Form eines Monitors oder eines Druckers oder in sonstiger Weise dargestellt werden. Vom Bedienungspersonal 10 können dann die entsprechenden Einflußnahmen an der Anlage vorgenommen werden.

Natürlich möglich ist auch ein automatisches Aufbereitungsverfahren, bei welcher von der Aufbereitungsanlage 15 die entsprechenden Prozeßvariablen automatisch ermittelt und die entsprechende Steuerung und Regelung selbstätig vorgenommen wird.

Abkürzungs-Tabelle

20	BB	Belebungsbecken
	M _j	Mammutrotoren
	ÜLS	Überlaufschacht
	SS	Schlammspiegelhöhe
25	Q _j	Volumenströme
	TS	Trockensubstanz
	NKB	Nachklärbecken
	RLSP	Rücklaufschlammpumpe
	O ₂ (X _j)	Sauerstoffkonzentration am Ort X _j
30	CSBi	Konzentration des chemischen Sauerstoffbedarfs (Meßstelle i)
	v _i	Umlaufgeschwindigkeit des i-ten Mammutrotors

35	EINGANGSVARIABLEN des Fuzzy Controllers	
	ETBD	Konzentration des biologischen Sauerstoffbedarfs im Effluent (g/m ³)

- ESS Konzentration der gelösten Teilchen im Effluent
(g/m³)
- NH₄-N Konzentration des Ammonium-Stickstoff-Gehaltes im
Effluent (g/m³)
- 5 MLSS Konzentration der Trübung im Belebungsbecken (g/m³)
- RASS Konzentration der Trübung des Rücklaufschlammes
(g/m³)
- FIL Grenzwertbedingung des Störfalls "Filamentöse Trü-
bung" (g/m³)
- 10 DNIT1 Grenzwertbedingung 1 des Störfalls "Bläh schlammbil-
dung" (g/m³)
- DNIT2 Grenzwertbedingung 2 des Störfalls "Bläh schlammbil-
dung" (hr)
- 15 AUSGANGSVARIABLEN des Fuzzy Controllers
- dSWR Änderung der Schlammabfuhr (m³/hr)
- dDOSP Änderung der Sauerstoffführungsgröße (g/m³)
- dRRSP Änderung des Rücklaufschlammverhältnisses (/)
- 20 MASSENSTRÖME des Prozesses
- Q_I Massestrom am Zulauf (Influent) (m³/hr)
- Q_R Massestrom des Schlammrücklaufs (m³/hr)
- 25 Q_E Massestrom am Ablauf (Effluent) (m³/hr)
- QUALITÄTEN der Zulauffracht
- 30 u₁ Konzentration des biologischen Sauerstoffbedarfs im
Influent (g/m³)
- u₂ Konzentration der inerten gelösten Teilchen im In-
fluent (g/m³)
- u₃ Konzentration der filamentösen Bakterien im Influent
(g/m³)
- 35 u₄ Konzentration des Ammonium-Stickstoffs im Influent
(g/m³)

5

10

Ansprüche:

15

1. Verfahren zum Betrieb einer Abwasserreinigungsanlage, insbesondere einer Belebtschlamm-Klaranlage, dadurch gekennzeichnet, daß eine Optimierung des Wasserreinigungs- und/oder -aufbereitungsverfahrens mittels eines Evolutionsstrategie-Verfahrens durchgeführt wird, bei dem jeweils infolge von zufälligen Änderungen (Mutationen) der Stellgrößen im Rahmen einer vorgebbaren Verteilungsdichte-funktion (Standardabweichung) neue Stellgrößen für die das Abwasserreinigungs- und/oder -aufbereitungsverfahren beeinflussenden Stellglieder ermittelt werden, und anhand einer vorwählbaren Veränderungsvorschrift (Selektion) eine Auswahl von verbesserten Stellgrößen zur Ansteuerung der Stellglieder zum Betrieb der Abwasserreinigungsanlage zur Durchführung eines nächsten Evolutionsschrittes durchgeführt wird, und daß das Evolutionsstrategie-Verfahren an unterschiedlich auftretende Störgrößen, Abwasserreinigungsanlage-Faktoren und -Gegebenheiten sowie Aufbereitungsbedingungen und/oder zur Erhöhung der Konvergenzgeschwindigkeit zur Erreichung einer optimierten Einstellung in kürzerer Zeit angepaßt wird (erweitertes Evolutionsstrategie-Verfahren), und zwar unter Berücksichtigung von Prozeßvorwissen in Form einer gegebenen Abhängigkeit der

- Ausgangs- oder Meßgrößen von den Stell- und/ oder Störgrößen wiedergebenden Übertragungsfunktion und/ oder automatisch adaptiven Prozeßwissen über die Übertragungsfunktion zwischen Stell- und/oder Störgrößen und den sich danach einstellenden Meßgrößen, in dem zumindest einer der folgenden Schritte durchgeführt wird
- es wird eine Erwartungswertverschiebung für eine jeweils nächste Mutation auf Basis vorbekannter Prozeßzusammenhänge durchgeführt,
 - es wird eine statistische Adaption im Sinne einer Adaption der Richtung und/oder Schrittweite der Mutation durchgeführt, und/oder
 - es wird eine Steuerung der Schrittweite in Abhängigkeit von dem Abstand des aktuellen Meßwertes von dem optimalen Wert durchgeführt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest phasenweise ergänzend zum erweiterten Evolutionsstrategieverfahren eine Vorwärtskopplung dergestalt vorgenommen wird, daß unter Berücksichtigung von Prozeßvorwissen und/oder automatisch adaptivem Prozeßwissen bereits im zeitlichen Vorlauf entsprechende Verfahrensschritte durchgeführt werden, wodurch die Abwasserreinigungsanlage bei Eintritt der erwarteten Situation sich bereits in dem für diesen Zustand vorbereiteten Betriebszustand befindet.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest phasenweise ergänzend zum erweiterten Evolutionsstrategie-Verfahren eine Meßgrößenvorhersage im Hinblick auf vorhandenes Prozeßvorwissen oder automatisch adaptivem Prozeßwissen durchgeführt wird, um bereits für den weiteren zeitlichen Ablauf benötigte Meßdaten vorweg zu extrapolieren und in den Regelkreis der Abwasserreinigungsanlage einzugeben.

4. Verfahren insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest phasenweise, vorzugsweise bei Verfahrensbeginn und/oder bei Auftreten von Störgrößen ergänzend bzw. alternativ bei erweitertem Evolutionstrategieverfahren ein Regelungsverfahren auf der Basis der Fuzzy-Regelung durchgeführt wird.
5. Abwasserreinigungsanlage zur Durchführung einer Abwasserreinigung und/oder -aufbereitung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine elektronische Steuerungs- und/oder Optimierungseinrichtung vorgesehen ist, die nach dem Verfahren zumindest einer der Ansprüche 1 bis 4 betreibbar ist.

1 / 9

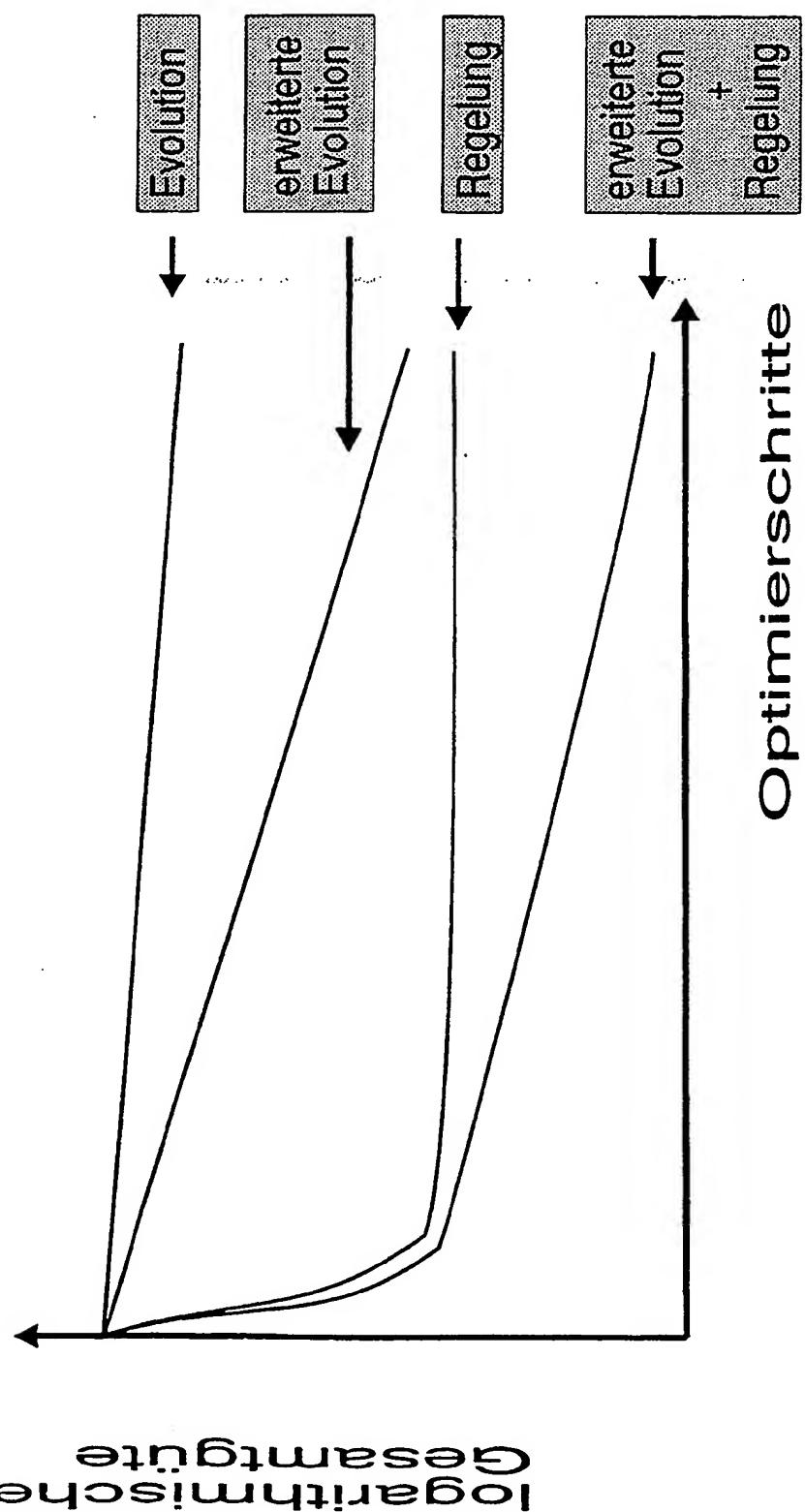


Fig. 1

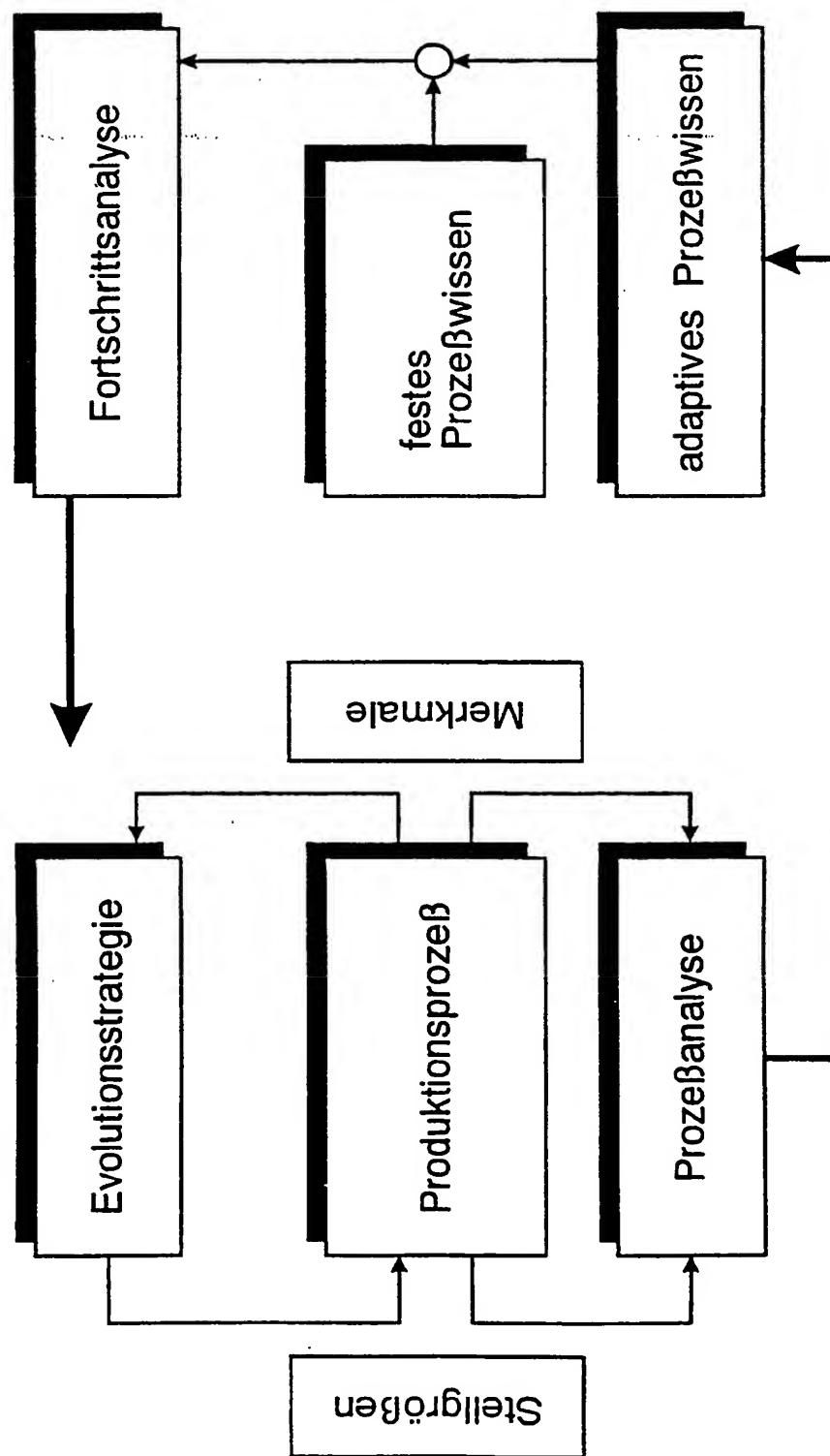


Fig. 2

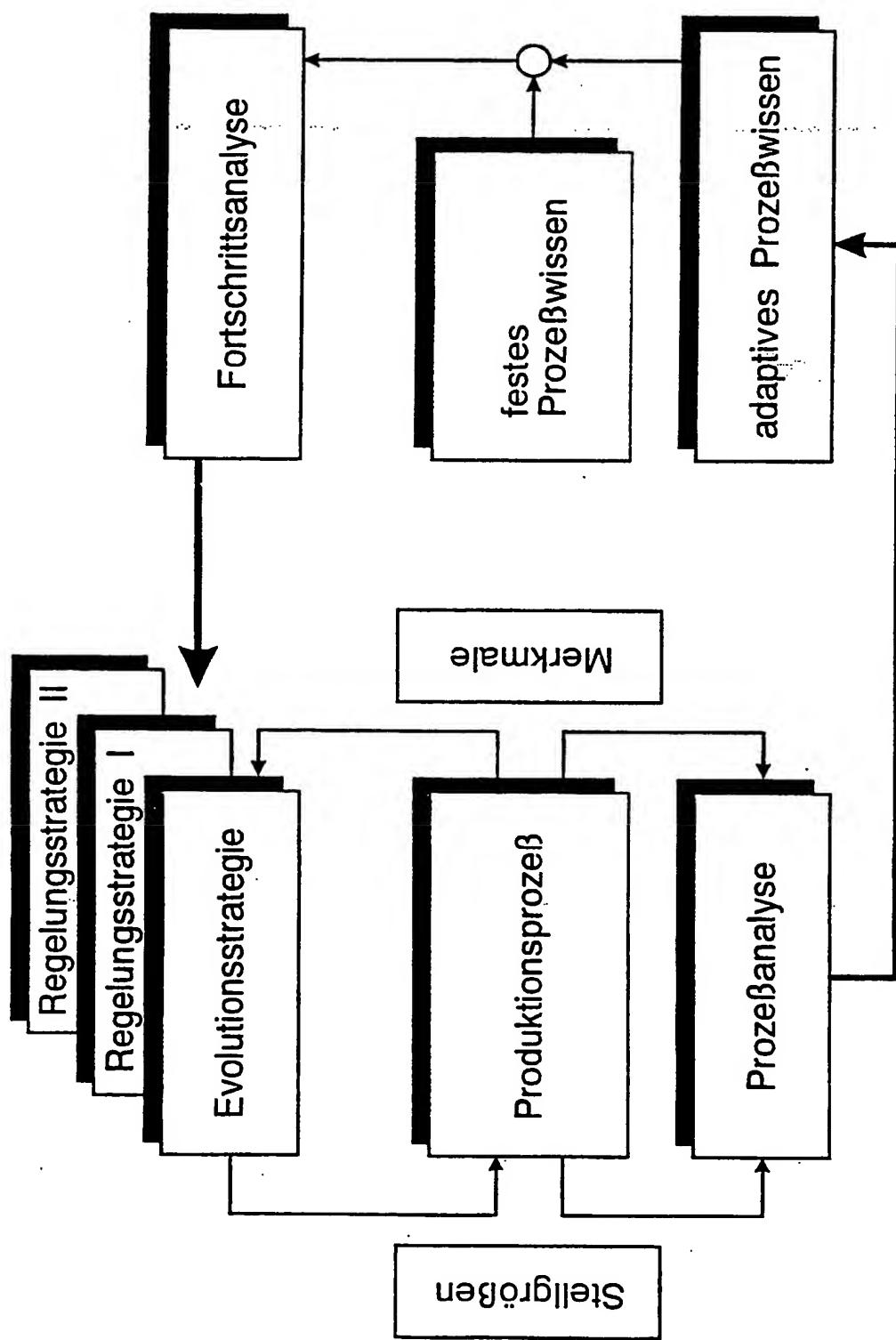
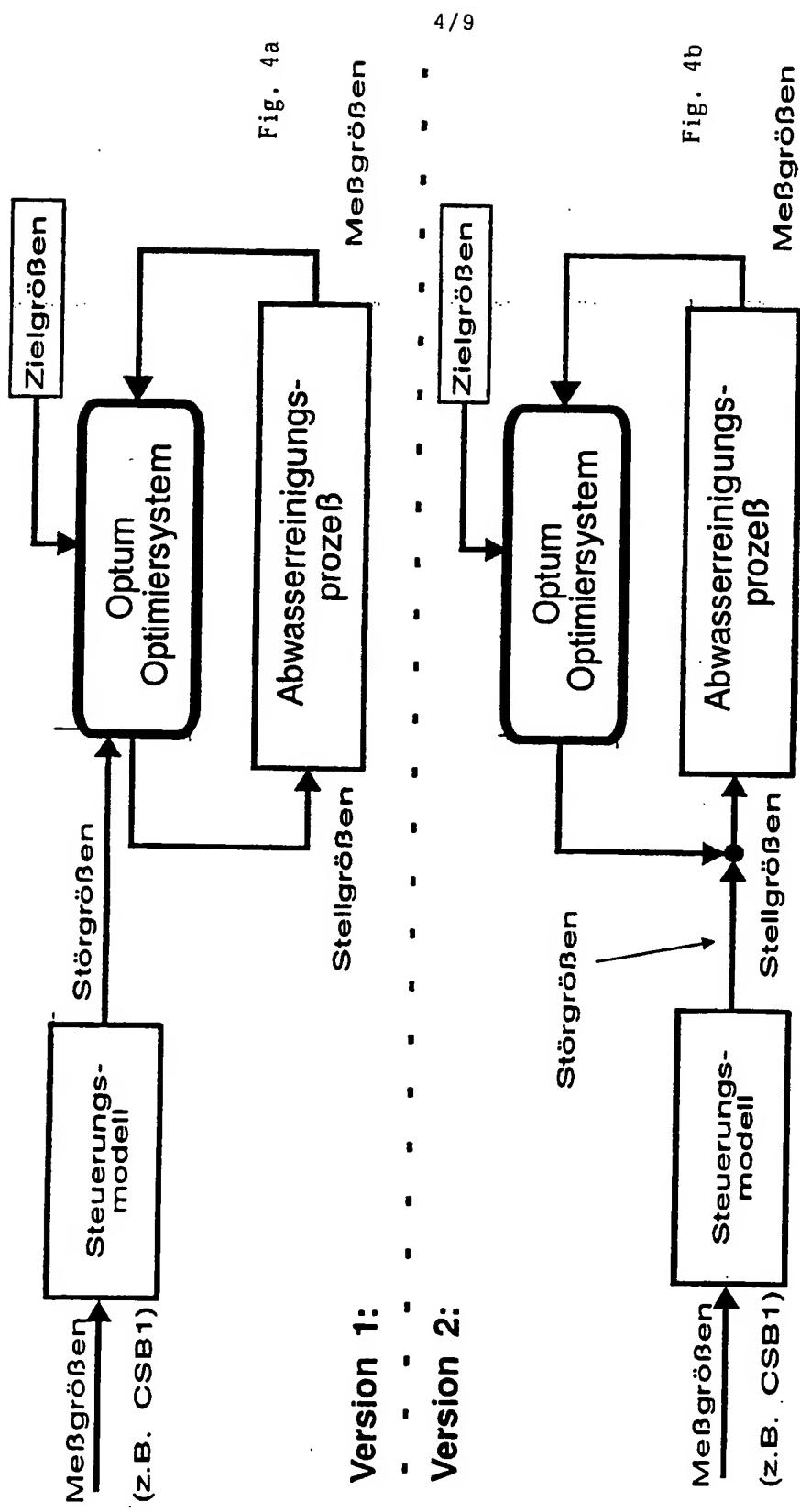


Fig. 3



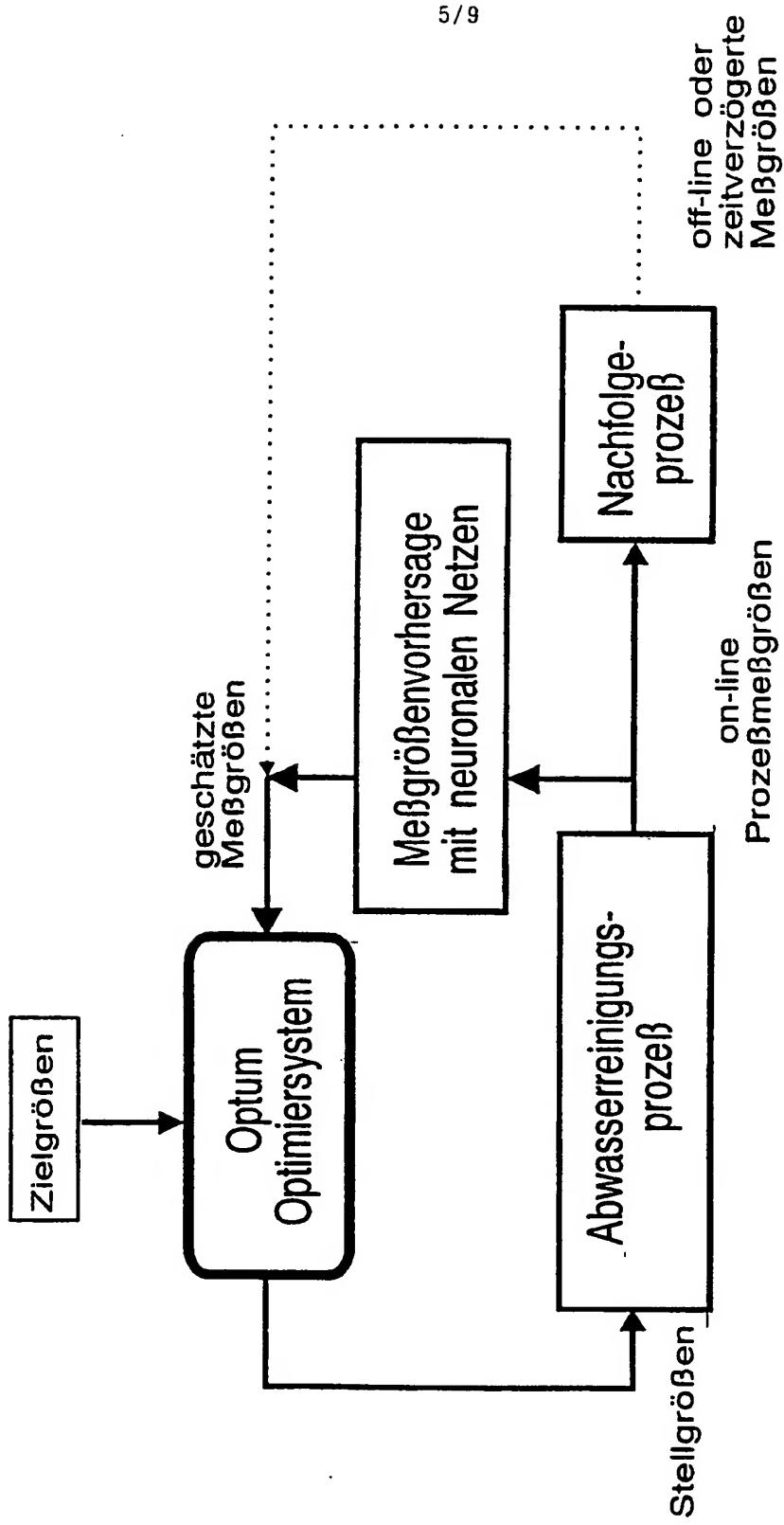


Fig. 5

Die Eingangsgrößen

ZULAUF Qualitäten

- u_1 Biologischer Sauerstoffbedarf
- u_2 Inerte gelöste Teilchen
- u_3 Filamentöse Bakterien
- u_4 Ammonium-Stickstoff

BELEBUNGSBECKEN

- $x_1(t)$ Kohlenstoffhaltiges Substrat
- $x_2(t)$ Angereicherte Biomasse
- $x_3(t)$ Aktive Biomasse
- $x_4(t)$ Inerte Biomasse
- $x_5(t)$ Filamentöse Bakterien
- $x_6(t)$ Freie Protozoen
- $x_7(t)$ Gebundene Protozoen
- $x_8(t)$ Ammonium-Stickstoff
- $x_9(t)$ Nitrit-Stickstoff
- $x_{10}(t)$ Nitrat-Stickstoff
- $x_{11}(t)$ Nitrosomonas Bakterien
- $x_{12}(t)$ Nitrobacter Bakterien

FLUSSRÄTEN

- Q_1 Schnitzwasser Zulaufstrom
- $RRSP$ Rücklaufschlamm-Verhältnis
- SWR Überschusschlammstrom

Die Zustandsvariablen

BELEBUNGSBECKEN

- $x_{13}(t)$ Angereicherte Biomasse
- $x_{14}(t)$ Aktive Biomasse
- $x_{15}(t)$ Inerte Biomasse
- $x_{16}(t)$ Filamentöse Bakterien
- $x_{17}(t)$ Freie Protozoen
- $x_{18}(t)$ Gebundene Protozoen
- $x_{19}(t)$ Gebundene Protozoen
- $x_{20}(t)$ Ammonium-Stickstoff
- $x_{21}(t)$ Nitrit-Stickstoff
- $x_{22}(t)$ Nitrosomonas Bakterien
- $x_{23}(t)$ Nitrobacter Bakterien
- $x_{24}(t)$ Nitrat-Stickstoff
- $x_{25}(t)$ Gefüllte Teilchen im Klarwasser
- $x_{26}(t)$ Gefüllte Teilchen im Klarwasser
- $x_{27}(t)$ Biol. Sauerstoffbedarf im Klarwasser
- $z_1(t)$ Bulking Sludge
- $z_2(t)$ Rising Sludge
- $\alpha_3(t)$ Schlammverdichtungsfaktor

Die Ausgangsgrößen

Fig. 6

7/9

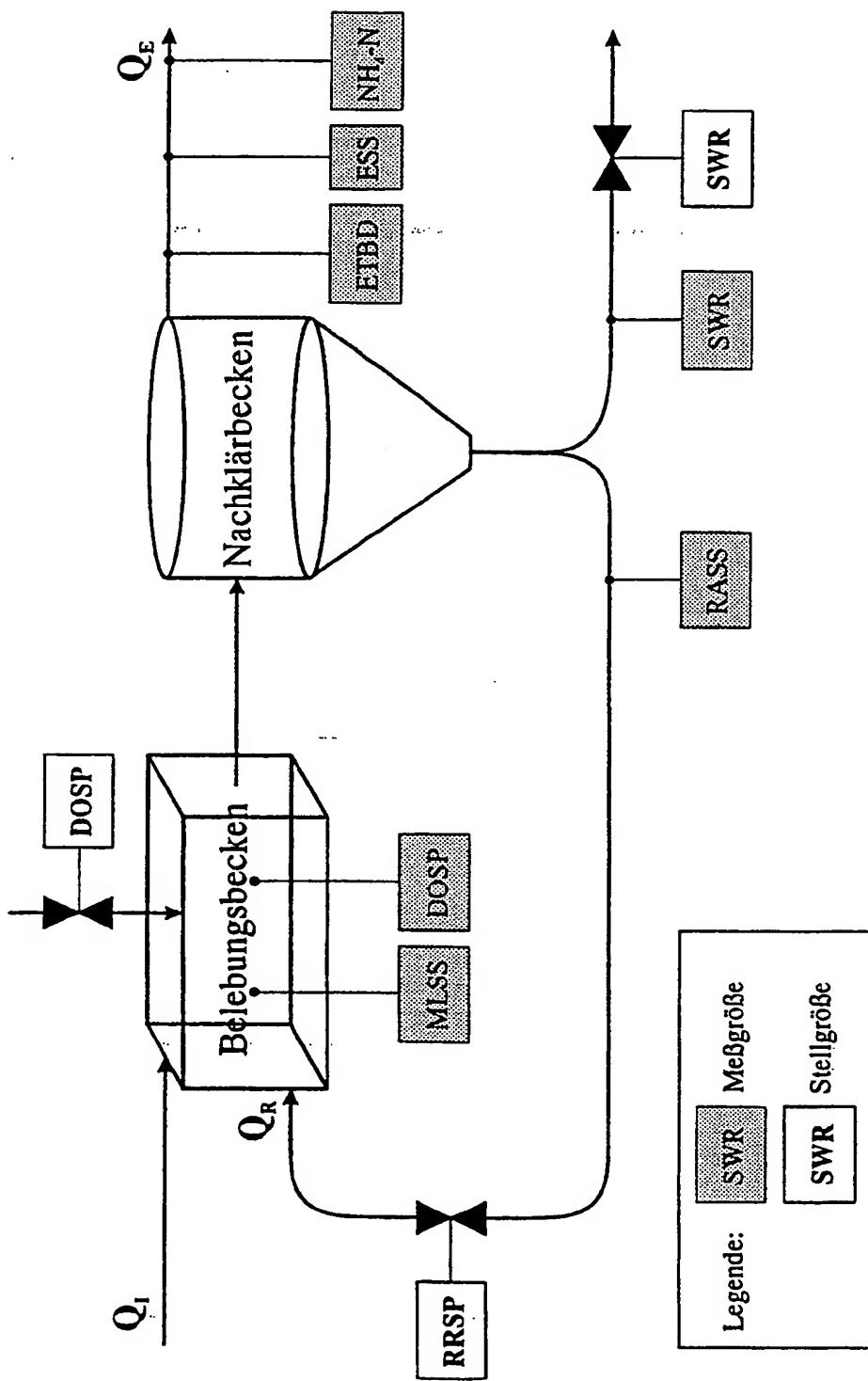


Fig. 7

8 / 9

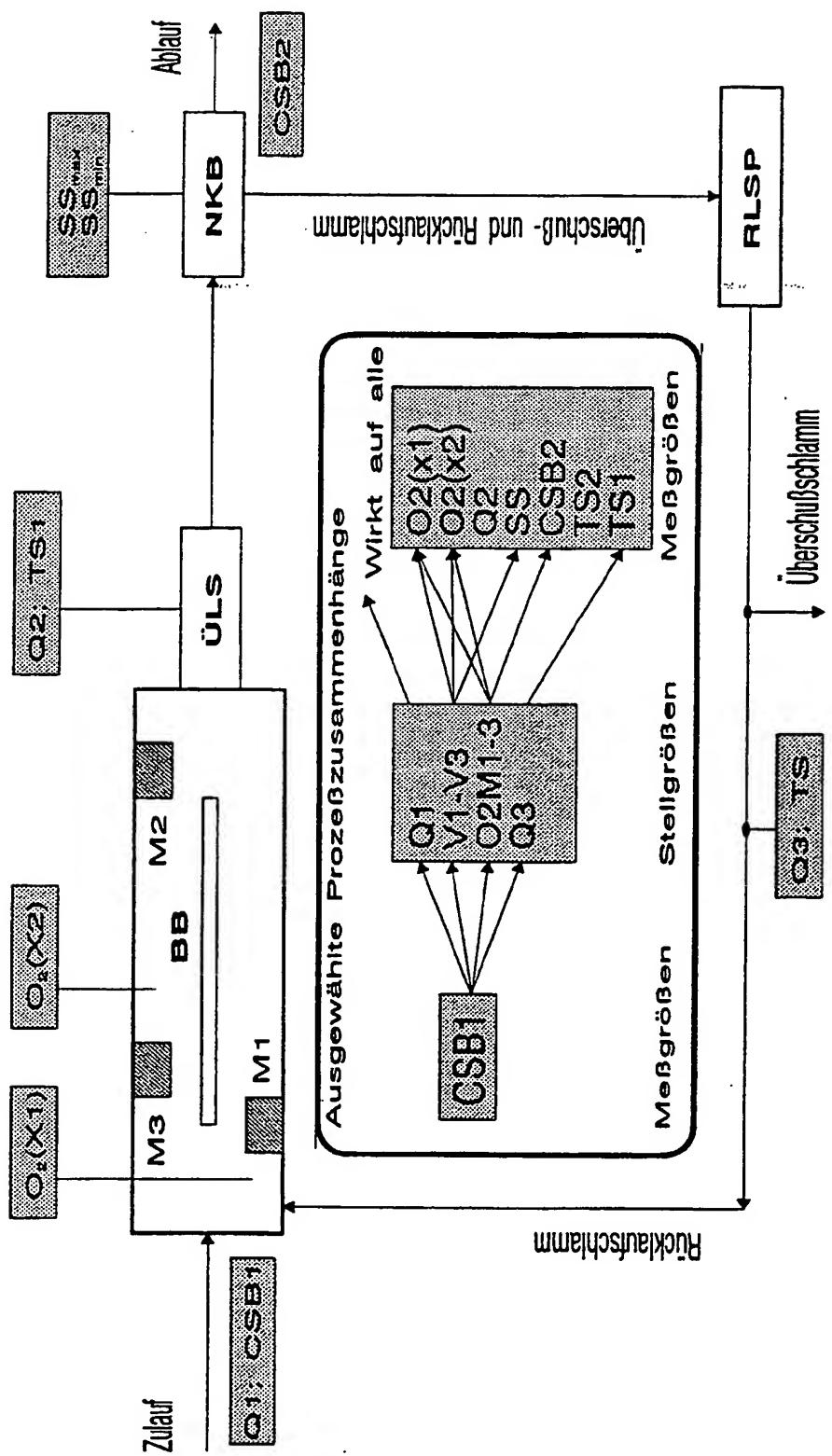


Fig. 8

9/9

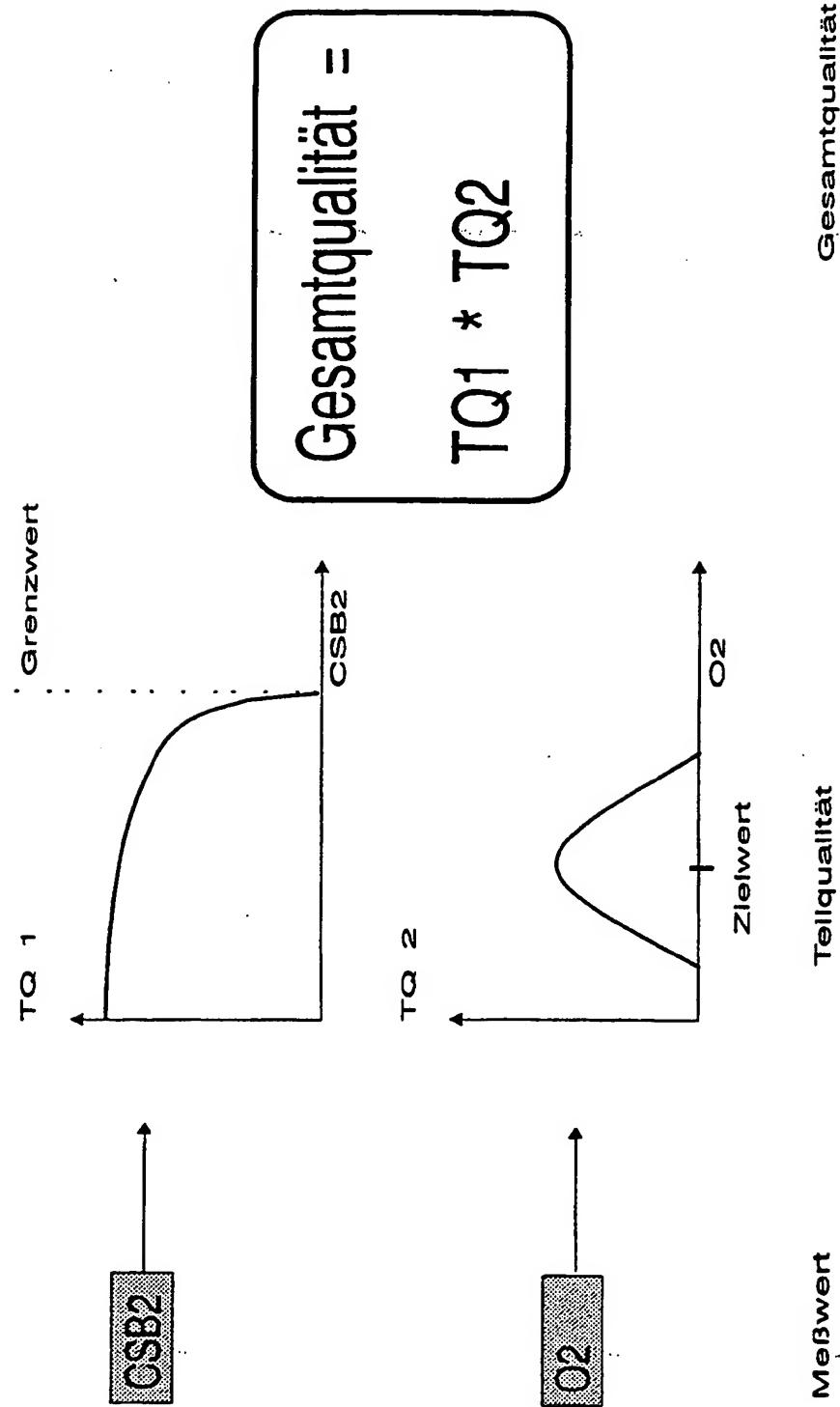


Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP 94/00360

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. 5 G05B13/02, C02F3/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl 5 G05B, G06F, C02F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP, A1, 0432267 (HITACHI, LTD) 19 June 1991 (19.06.91), page 6, line 12 - line 21 ---	1-5
A	EP, A1, 0521643 (HITACHI, LTD) 07 January 1993 (07.01.93), page 3, line 33 - page 4, line 46 ---	1-5
A	DE, A1, 4140915 (INTECH PEV INFORMATIONSTECHNISCHE SYSTEME GMBH), 22 October 1992 (22.10.92), column 1, line 66 - column 2, line 15 ---	1-5
A	DE, A1, 3218421 (MESSERSCHMITT-BÖLKOW-BLOHM GMBH) 24 November 1983 (24.11.83), page 4, line 3 - page 5, line 4 ---	1-5
A	Patent Abstracts of Japan, Vol. 17, No 321, C-1072, abstract of, A, 5-31488 (SUMITOMO JUKIKAI ENVIROTEC K.K.), 09 February 1993 (09.02.93) ---	1-5
A	Patent Abstracts of Japan, Vol. 15, No. 352, ---	1-5 ./...

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

- * Special categories of cited documents:
- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 May 1994 (02.05.94)Date of mailing of the international search report
10 June 1994 (10.06.94)Name and mailing address of the ISA/
EUROPEAN PATENT OFFICE
Facsimile No.Authorized officer
Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP 94/00360

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	P-1248, abstract of JP, A,3-134706 (HITACHI LTD), 07 June 1991 (07.06.91) -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

16/04/94

International application No.

PCT/EP 94/00360

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP-A1- 0432267	19/06/91	JP-A-	3015902	24/01/91
		WO-A-	9010898	20/09/90
EP-A1- 0521643	07/01/93	JP-A-	5012019	22/01/93
DE-A1- 4140915	22/10/92	DE-A-	4212575	22/10/92
DE-A1- 3218421	24/11/83	NONE		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 94/00360

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

5 IPC : G05B 13/02, C02F 3/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestpräfstoß (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

5 IPC : G05B, G06F, C02F

Recherchierte, aber nicht zum Mindestpräfstoß gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

ORBIT: WPAT, USPM, JAPIO, DIALOG: INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
A	EP, A1, 0432267 (HITACHI, LTD), 19 Juni 1991 (19.06.91), Seite 6, Zeile 12 - Zeile 21 --	1-5
A	EP, A1, 0521643 (HITACHI, LTD), 7 Januar 1993 (07.01.93), Seite 3, Zeile 33 - Seite 4, Zeile 46 --	1-5
A	DE, A1, 4140915 (INTECH PEV INFORMATIONSTECHNISCHE SYSTEME GMBH), 22 Oktober 1992 (22.10.92), Spalte 1, Zeile 66 - Spalte 2, Zeile 15 --	1-5
A	DE, A1, 3218421 (MESSERSCHMITT-BÖLKOW-BLOHM GMBH), 24 November 1983 (24.11.83), Seite 4, Zeile 3 - Seite 5, Zeile 4 --	1-5

 Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen. Siehe Anhang Patentsammlung.

Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:	T	Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis der Erfindung zugrundeliegenden Prinzipien oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besondere Bedeutung auszuweisen ist	X	Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindenderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"B" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	Y	Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindenderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann unbedeutend ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)	&	Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentsammlung ist
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Bedeutung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht		
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

2 Mai 1994

10.06.94

Name und Postanschrift der internationalen Rechercheabteilung

Bevollmächtigter Bediensteter



Europäischer Patentamt, P.B. 5818 Patentlan 2
NL-2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Telex 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

KATARINA FREDRIKSSON

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 94/00360

C (Fortsetzung). ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	Patent Abstracts of Japan, Band 17, Nr 321, C-1072, abstract of JP, A, 5-31488 (SUMITOMO JUKIKAI ENVIROTEC K.K.), 9 Februar 1993 (09.02.93) --	1-5
A	Patent Abstracts of Japan, Band 15, Nr 352, P-1248, abstract of JP, A, 3-134706 (HITACHI LTD), 7 Juni 1991 (07.06.91) -- -----	1-5

SA ... 029

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentsfamilie gehören
16/04/94

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 94/00360

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentsfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP-A1- 0432267	19/06/91	JP-A- 3015902 WO-A- 9010898	24/01/91 20/09/90
EP-A1- 0521643	07/01/93	JP-A- 5012019	22/01/93
DE-A1- 4140915	22/10/92	DE-A- 4212575	22/10/92
DE-A1- 3218421	24/11/83	KEINE	

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.